

STUDI PENURUNAN KROMIUM DAN NIKEL DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Wenny Dwi Retna Prihartanti, Ganjar Samudro dan Junaidi

Program Studi Teknik Lingkungan FT UNDIP, Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang
Semarang

Email : wennydwiretna@gmail.com

ABSTRACT

Environmental pollution that caused by electroplating waste disposal into the environment can cause harmful effects for human life. Before it is discharged into the environment need the method to treatment this waste. Electro coagulation is one of the wastewater treatment methods which are interchangeable to treat the electroplating industrial waste. This electroplating waste contain heavy metals such as chromium (Cr), Nickel (Ni) and Copper (Cu). Electro coagulation experiments have been conducted with the independent variable which are the type of plate aluminium (Al) and Iron (Fe), and also Current density 40 mA/cm², 50 mA/cm², 60 mA/cm² and 70 mA/cm². This study uses a powerful current 5 Amperes, time operation 120 minutes, with the sampling time every 15 minutes, number of plate 4 pieces, 2 cm distance between electrodes. Based on experiments have been conducted that obtained best results at the highest current density removal efficiency of chromium allowance 99,60 % for using iron electrodes. Whereas for nickel removal, the best results at the highest current density removal efficiency of nickel allowance 96,20 % for using aluminium electrodes. Other measurements in this study that may affect the process of electro coagulation include pH, temperature, TSS, TDS and turbidity.

Key words : electro coagulation, parameters of Chromium and Nickel, electroplating waste water

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi yang semakin pesat akan menyebabkan kecanggihan teknologi yang akan membawa dampak negative berupa limbah, seperti dalam industri electroplating atau industri pelapisan logam "Metal Indah Chrome", Pedurungan, Semarang. Industri ini bermanfaat untuk melapisi alat-alat rumah tangga menggunakan logam krom dan nikel. Dari proses produksi pelapisan logam tersebut dapat menimbulkan limbah yang mengandung logam berat. Limbah ini jika tidak diolah akan mencemari lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan teknologi yang mengolah limbah electroplating ini yaitu dengan metode elektrokoagulasi. Adanya permasalahan diatas maka diperlukan suatu teknologi pengganti kebutuhan koagulan kimia yang semakin meningkat

yaitu dengan metode elektrokoagulasi yaitu dengan mengalirkan arus ke suatu lempeng elektroda sehingga dapat menghasilkan ion-ion yang dapat bertindak seperti koagulan yang dapat mengikat pengotor dalam air baku.

Elektrokoagulasi adalah proses pengolahan dari pengaplikasian arus listrik untuk mengolah kontaminan tanpa penambahan koagulan. Elektrokoagulasi terdiri dari bagian logam dari pasangan anoda dan katoda menggunakan prinsip elektrokimia anoda teroksidasi (kehilangan electron), sedangkan air tereduksi (menambah electron) yang membuat air limbah terolah. Elektrokoagulasi terdiri dari bagian logam dari pasangan anoda dan katoda menggunakan prinsip elektrokimia anoda teroksidasi (kehilangan electron), sedangkan air tereduksi (menambah electron) yang membuat air limbah terolah. Ketika elektroda berkontak

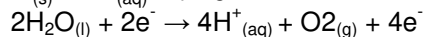
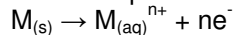
dengan air limbah, partikulat dinetralkan oleh pembentukan ion OH^- yang akan memproduksi gumpalan. Gumpalan ini dimulai dengan pembentukannya yang akan naik ke reaktor yang disebut flotasi yang disebabkan oleh pembentukan gelembung hydrogen yang terbentuk di anoda. Faktor yang dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain jenis air limbah, pH, rapat arus, jenis elektroda, jumlah elektroda dan ukuran elektroda.

Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses koagulasiflokulasi. Sel elektrokimia adalah sel yang menghasilkan transfer bentuk energi listrik menjadi energi kimia atau sebaliknya, melalui saling interaksi antara arus listrik dan reaksi redoks. Kajiankajian yang mempelajari perubahan kimia oleh sebab adanya transfer elektron disebut elektrokimia (Santoso et al dalam Lukismanto, 2000) dan Proses koagulasi dengan menggunakan koagulan yaitu suatu proses destabilisasi dan penggabungan dari partikel-partikel koloid dan halus yang tersuspensi dengan menggunakan bahan koagulan. Koagulan yang banyak digunakan adalah kapur, tawas, dan kaporit. Pertimbangan pemberiannya adalah karena garam-garam Ca, Fe, dll yang bersifat tidak larut dalam air akan mengendap bila bertemu dengan sisa-sisa basa (Kusnaedi dalam Lukismanto, 1995).

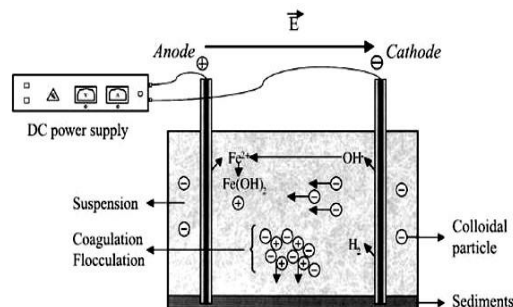
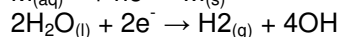
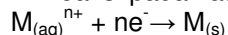
Dalam proses elektrokoagulasi, dimana aliran listrik berada di dua elektroda, koagulan digerakkan dari dalam oleh elektrolisis oksidasi dari material anoda. Dengan anoda besi, $\text{Fe}(\text{OH})_2$ atau $\text{Fe}(\text{OH})_3$ terbentuk pada anoda. Proses elektrokoagulasi sudah digunakan dalam proses menjadikan ion sebagai bahan organik (Bazrafshan et al, 2007). Proses ini meliputi sebuah sel dengan anoda logam (terutama besi dan aluminium) dengan menggunakan arus listrik langsung (Xiong et al, 2001).

Reaksi elektrokimia yang terjadi adalah sebagai berikut :

1. Reaksi pada anoda



2. Reaksi pada katoda

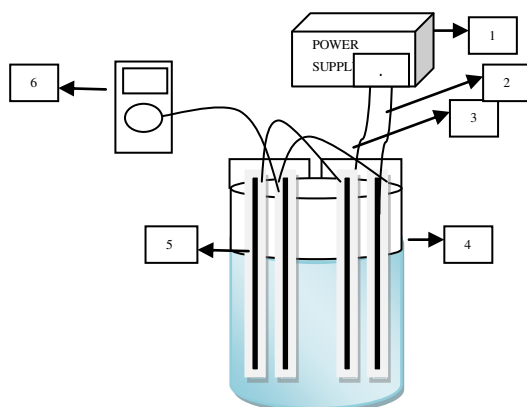


Gambar 2.1. Mekanisme Elektrokoagulasi (Ni'am et al, 2007)

Tujuan dari penelitian ini sebagai tugas akhir adalah untuk mengetahui efisiensi penyisihan kadar logam berat Cr dan Ni dengan metode elektrokoagulasi, mengetahui besar rapat arus terbaik pada penyisihan kadar logam berat Cr dan Ni dan mengetahui jenis plat terbaik pada penyisihan kadar logam berat Cr dan Ni dengan membandingkan plat Al dan Ni.

METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan analisa perbandingan terhadap kemampuan dua jenis plat Al dan Fe dan 4 rapat arus 40 mA/cm², 50 mA/cm², 60 mA/cm² dan 70 mA/cm² dalam menyisihkan kandungan logam berat Cr dan Ni dengan menggunakan reaktor batch dengan volume limbah 1000 ml. Kuat arus 5A, jumlah plat 4, waktu kontak 120 menit dengan pengambilan sampel setiap 15 menit, jarak antar elektroda 2 cm, tegangan 4 volt. Dengan variabel yang tetap dikontrol yaitu pH dan suhu. Parameter lain yang diukur juga dalam penelitian ini antara lain TSS, TDS dan kekeruhan. Gambar alat elektrokoagulasi disajikan pada Gambar dibawah ini :



Gambar 3.1. Mekanisme Elektrokoagulasi

Keterangan : 1. Power Supply DC
 2. Katoda (Elektroda -)
 3. Anoda (Elektroda +)
 4. Sampel limbah
 5. Plat Al/Fe ukuran :
 a. (15,5 x 8) cm 4 buah
 b. (12,5 x 8) cm 4 buah
 c. (10,5 x 8) cm 4 buah
 d. (9 x 8) cm 4 buah
 6. Amperemeter

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Karakteristik limbah elektroplating jika dibandingkan dengan bakumutu (Perda Jateng No. 5 Tahun 2012) berada diatas bakumutu dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

| No. | Parameter | Satuan | Konsentrasi | Baku Mutu |
|-----|-----------|--------|-------------|-----------|
| 1. | Ni | mg/l | 18,11 | 1,0 |
| 2. | Cr | mg/l | 37,24 | 0,6 |
| 3. | pH | | 6,2 | 6-9 |
| 4. | TDS | mg/l | 177 | 2000 |
| 5. | TSS | mg/l | 163 | 20 |
| 6. | Suhu | °C | 28 | 38 |
| 7. | Kekeruhan | NTU | 278 | 100 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)

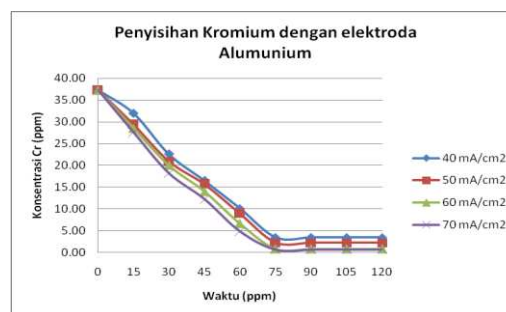
*) baku Mutu : Perda Jateng No. 5 Tahun 2012

Berikut adalah tabel dan grafik penyisihan Cr dengan elektroda alumunium dengan elektrokoagulasi :

Tabel 3.2. Hasil Penyisihan Konsentrasi Cr dengan Alumunium

| Waktu | RAPAT ARUS | | | |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 40 mA/cm ² | 50 mA/cm ² | 60 mA/cm ² | 70 mA/cm ² |
| 0 | 37,24 | 37,24 | 37,24 | 37,24 |
| 15 | 31,89 | 29,37 | 28,50 | 27,49 |
| 30 | 22,58 | 20,91 | 19,97 | 18,20 |
| 45 | 16,50 | 15,66 | 13,98 | 12,23 |
| 60 | 10,02 | 8,87 | 6,61 | 4,77 |
| 75 | 3,38 | 2,21 | 0,26 | 0,61 |
| 90 | 3,39 | 2,20 | 0,27 | 0,62 |
| 105 | 3,42 | 2,25 | 0,29 | 0,65 |
| 120 | 3,46 | 2,31 | 0,31 | 0,71 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



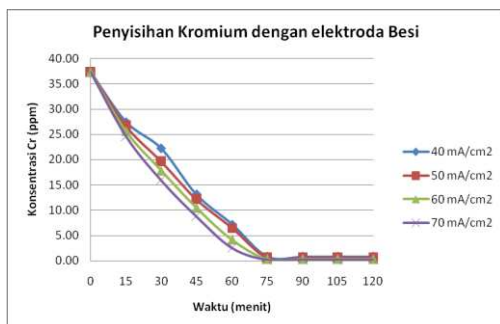
Gambar 3.1. Grafik Penyisihan Cr dengan elektroda Al

Untuk membandingkan penyisihan kromium dengan menggunakan dua jenis plat maka dibawah ini ditampilkan tabel dan grafik penyisihan kromium dengan elektroda besi setelah diatas telah ditampilkan penyisihan kromium dengan elektroda alumunium.

**Tabel 3.3. Hasil Penyisihan
 Konsentrasi Kromium (Cr) dengan
 Besi**

| Waktu | RAPAT ARUS | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 40 mA/cm ² | 50 mA/cm ² | 60 mA/cm ² | 70 mA/cm ² |
| 0 | 37,24 | 37,24 | 37,24 | 37,24 |
| 15 | 37,24 | 37,24 | 37,24 | 37,24 |
| 30 | 27,47 | 26,63 | 25,60 | 24,59 |
| 45 | 22,17 | 19,57 | 17,76 | 15,84 |
| 60 | 13,07 | 12,09 | 10,42 | 8,73 |
| 75 | 7,18 | 6,43 | 4,17 | 2,50 |
| 90 | 0,79 | 0,52 | 0,26 | 0,14 |
| 105 | 0,77 | 0,53 | 0,27 | 0,16 |
| 120 | 0,78 | 0,62 | 0,29 | 0,22 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



**Gambar 3.2. Grafik Penyisihan Cr
 dengan elektroda Fe**

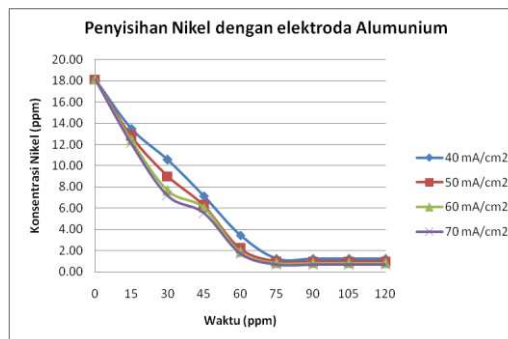
Dari hasil percobaan di atas menunjukkan bahwa pada penuruan konsentrasi Chromium diperoleh hasil penggunaan elektroda besi lebih baik. Misalnya pada rapat arus 70 mA/cm², konsentrasi Chromium turun menjadi 0,15 mg/l dengan elektroda besi dengan efisiensi penyisihan sebesar 99,60 %, sedangkan untuk elektroda alumunium turun menjadi 0,71 mg/l dengan efisiensi penyisihan sebesar 98,23 %, dengan konsentrasi awal 37,24 mg/l. Penyisihan Cr dengan elektrokoagulasi lebih efisien dengan menggunakan elektroda besi dibanding dengan elektroda alumunium.

Berikut adalah tabel dan grafik penyisihan Ni dengan elektroda alumunium dengan elektrokoagulasi :

**Tabel 3.4. Hasil Penyisihan
 Konsentrasi Ni dengan Alumunium**

| Waktu | RAPAT ARUS | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 40 mA/cm ² | 50 mA/cm ² | 60 mA/cm ² | 70 mA/cm ² |
| 0 | 18,11 | 18,11 | 18,11 | 18,11 |
| 15 | 13,49 | 12,76 | 12,42 | 12,09 |
| 30 | 10,55 | 9,00 | 7,65 | 7,19 |
| 45 | 7,15 | 6,26 | 6,03 | 5,55 |
| 60 | 3,45 | 2,19 | 1,89 | 1,73 |
| 75 | 1,22 | 1,00 | 0,84 | 0,69 |
| 90 | 1,25 | 1,07 | 0,88 | 0,73 |
| 105 | 1,32 | 1,11 | 0,90 | 0,77 |
| 120 | 1,38 | 1,16 | 0,94 | 0,70 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



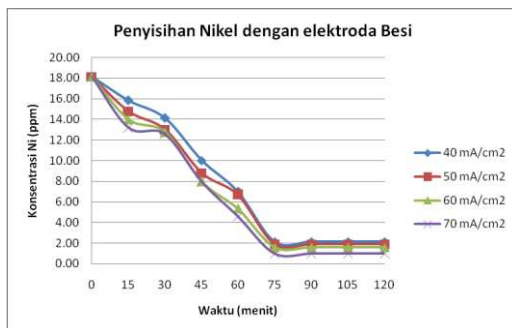
**Gambar 3.3. Grafik Penyisihan Ni
 dengan elektroda Al**

Untuk membandingkan penyisihan nikel dengan menggunakan dua jenis plat maka dibawah ini ditampilkan tabel dan grafik penyisihan nikel dengan elektroda besi setelah diatas telah ditampilkan penyisihan nikel dengan elektroda alumunium.

Tabel 3.5. Hasil Penyisihan Konsentrasi Nikel (Ni) dengan Besi

| Waktu | RAPAT ARUS | | | |
|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 40 mA/cm ² | 50 mA/cm ² | 60 mA/cm ² | 70 mA/cm ² |
| 0 | 18,11 | 18,11 | 18,11 | 18,11 |
| 15 | 15,85 | 14,76 | 13,97 | 13,18 |
| 30 | 14,14 | 13,01 | 12,75 | 12,55 |
| 45 | 10,02 | 8,80 | 7,96 | 7,92 |
| 60 | 6,99 | 6,69 | 5,33 | 4,57 |
| 75 | 2,13 | 1,91 | 1,60 | 1,60 |
| 90 | 2,17 | 1,99 | 1,65 | 1,65 |
| 105 | 2,23 | 1,95 | 1,68 | 1,68 |
| 120 | 2,28 | 1,97 | 1,70 | 1,70 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



Gambar 3.4. Grafik penyisihan Nikel dengan Besi

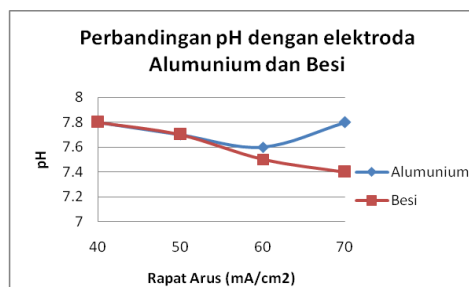
Sedangkan untuk penyisihan Nikel diperoleh hasil penggunaan elektroda alumunium lebih baik daripada besi. Misalnya pada rapat arus 70 mA/cm², konsentrasi Nikel turun menjadi 0,70 mg/l dengan elektroda alumunium dengan efisiensi 96,20 %, sedangkan untuk elektroda besi turun menjadi 1,07 mg/l dengan konsentrasi awal 18,11 mg/l.

Berikut tabel kondisi pH dalam elektrokoagulasi dengan elektroda alumunium dan besi dengan pH awal yaitu 6,26.

Tabel 3.6. Nilai pH elektrokoagulasi

| Rapat Arus (mA/cm ²) | Elektroda | |
|----------------------------------|-----------|------|
| | Alumunium | Besi |
| 40 | 7,8 | 7.8 |
| 50 | 7,7 | 7.7 |
| 60 | 7,6 | 7.5 |
| 70 | 7,8 | 7.4 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



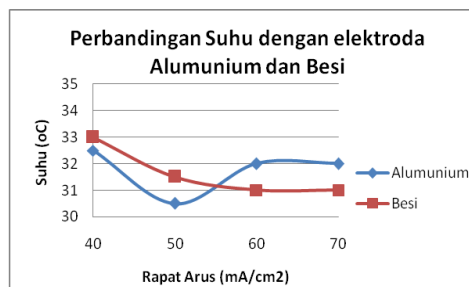
Gambar 3.5. Grafik nilai pH dengan elektroda alumunium dan besi

Suhu merupakan hal yang harus dikontrol setiap saat. Berikut adalah tabel yang menunjukkan kondisi suhu selama proses elektrokoagulasi berlangsung

Tabel 3.7. Suhu elektrokoagulasi

| Rapat Arus (mA/cm ²) | Elektroda | |
|----------------------------------|-----------|------|
| | Alumunium | Besi |
| 40 | 32,5 | 33 |
| 50 | 30,5 | 31,5 |
| 60 | 32 | 31 |
| 70 | 32 | 31 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



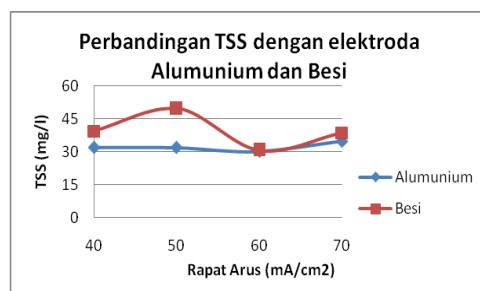
Gambar 3.7. Grafik nilai Suhu dengan elektroda alumunium dan besi

Berikut adalah tabel nilai TSS selama elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus dengan elektroda Alumunium dan besi dengan nilai TSS awal sampel limbah cair electroplating ini adalah 163 mg/l.

Tabel 3.8. Nilai TSS elektrokoagulasi

| Rapat Arus (mA/cm ²) | Elektroda | |
|-------------------------------------|-----------|------|
| | Alumunium | Besi |
| 40 | 32 | 39,5 |
| 50 | 31,9 | 49,7 |
| 60 | 30,2 | 30,7 |
| 70 | 34,9 | 38,6 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



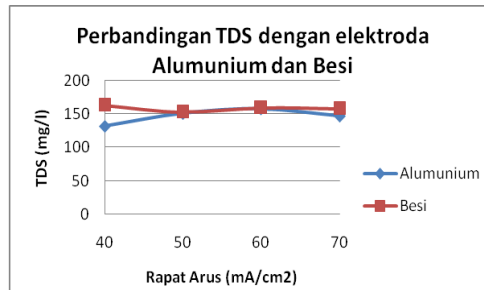
Gambar 3.8. Grafik nilai TSS dengan elektroda alumunium dan besi

Nilai TDS pada sampel awal limbah asli elektroplating adalah 177 mg/l. Berikut nilai TDS dalam elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus dengan elektroda alumunium dan besi

Tabel 3.9. Nilai TDS elektrokoagulasi

| Rapat Arus (mA/cm ²) | Elektroda | |
|-------------------------------------|-----------|------|
| | Alumunium | Besi |
| 40 | 132 | 163 |
| 50 | 151 | 153 |
| 60 | 158 | 159 |
| 70 | 147 | 158 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



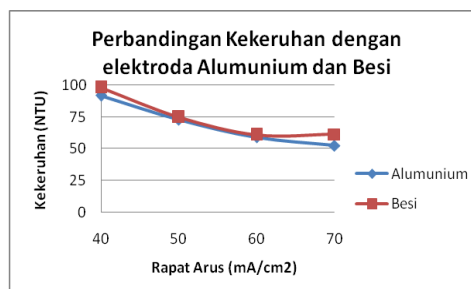
Gambar 3.9. Grafik nilai TDS dengan elektroda alumunium dan besi

Berikut adalah tabel kekeruhan selama elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus dengan elektroda alumunium dan besi dengan nilai TDS awal sampel limbah electroplating adalah 278 NTU.

Tabel 3.10. Nilai Kekeruhan

| Rapat Arus (mA/cm ²) | Elektroda | |
|-------------------------------------|-----------|-------|
| | Alumunium | Besi |
| 40 | 92,07 | 98,13 |
| 50 | 73,05 | 75,01 |
| 60 | 59,06 | 60,93 |
| 70 | 52,6 | 61,3 |

(Hasil Analisa Laboratorium 2012)



Gambar 3.10. Grafik nilai Kekeruhan dengan elektroda alumunium dan besi

Pada proses elektrokoagulasi, anoda akan meluruh membentuk kation logam yang berperan sebagai koagulan sehingga terjadi pengurangan berat anoda selama proses berlangsung, oleh karena itu anoda disebut juga elektroda korban,

Penelitian ini menunjukkan bahwa pada katoda terjadi penambahan berat sedangkan selisih pada anoda terjadi pengurangan berat. Hal ini berarti sistem elektrokoagulasi berjalan sesuai fungsinya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, semakin besar rapat arus semakin banyak penambahan berat pada katoda, begitu juga dengan anoda, semakin besar rapat arus, semakin besar pengurangan berat pada anoda. Begitu pula dengan endapan yang terbentuk selama proses elektrokoagulasi di dalam reaktor, semakin besar rapat arus semakin besar endapan yang terbentuk dan endapan menggunakan elektroda besi lebih besar dibanding dengan endapan menggunakan elektroda alumunium (Rahayuningwulan, 2010).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang berjudul “Studi Penurunan Kadar Kromium dan Nikel dalam Limbah Cair Elektroplating dengan Metode Elektrokoagulasi” antara lain :

1. Efisiensi penyisihan logam berat Cr dan Ni terbaik mencapai 99 %.
2. Rapat arus terbaik dalam menyisihkan kadar logam berat Cr maupun Ni adalah rapat arus terbesar yaitu 70 mA/cm².
3. Jenis elektroda terbaik pada penyisihan logam berat Kromium (Cr) dan Nikel (Ni) adalah tergantung dari jenis polutan yang direduksi. Untuk Cr, elektroda yang paling efisien adalah elektroda Fe. Sedangkan untuk Ni, elektroda yang paling efisien adalah elektroda Al.

DAFTAR PUSTAKA

- Bazrafshan, Edris et.al. 2012. International Journal Application of Electrocoagulation Process Using Iron and Alumunium Electrodes for Flouride Removal from Aqueous Environment. (e-journal of Chemistry). National Institute of Health Research, Tehran University of Medical Sciences.
- Dermentzis, Kontantinos et al. 2011. International Journal Removal of Hexavalent Chromium from Electroplating Wastewater by Electrocoagulation with Iron Electrodes. Department of Science. Kavala, Greece.
- Lukismanto, Andri dkk. Aplikasi Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Besi Untuk Pengolahan Air dengan Sistem Kontinyu. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS.
- Ni'am et.al dalam Lukismanto, dkk. Aplikasi Elektrokoagulasi pasangan Elektroda Besi untuk Pengolahan Air dengan Sistem Kontinyu.
- Perda Jateng. 2012. Baku Mutu Limbah Cair Industri Elektroplating.
- Rahayuningwulan, Diana. 2010. Daur Ulang Air Limbah Industri Pelapisan Logam dengan Metoda Kimia-Fisika. Pusat penelitian kimia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Xiong et all dalam Yosefi, Malakooation. 2009. The Efficiency of Electrocoagulation Process Using Alumunium Electrodes in Removal of Hardness from Water (Journal of Environmental Health Science, 2009, vol 6 pp 131-136).